

PRÁCTICA EMPRESARIAL APLICADA AL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL  
DEL EDIFICIO CENTRO CULTURAL NUEVO MILENIO ASOCIADO CON EL  
PROYECTO ARQUITECTÓNICO DEL METRO DE BOGOTÁ FASE 2 ESTACIÓN  
CALLE 45.



DIANA MARCELA RAMÍREZ PERÉZ  
JONATHAN ALEJANDRO DOBLADO URREGO

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C  
2018

PRÁCTICA EMPRESARIAL APLICADA AL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL  
DEL EDIFICIO CENTRO CULTURAL NUEVO MILENIO ASOCIADO CON EL  
PROYECTO ARQUITECTÓNICO DEL METRO DE BOGOTÁ FASE 2 ESTACIÓN  
CALLE 45.

DIANA MARCELA RAMÍREZ PÉREZ  
JONATHAN ALEJANDRO DOBLADO URREGO

Trabajo de Grado Proceso Interdisciplinario entre Programa de Arquitectura e  
Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia

Ingeniero Said Steward Rodríguez Loaiza  
Docente Asesor  
Ingeniero Santiago Nicolás Perilla Granados  
Coordinador Área Estructuras

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C  
2018



## Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

**Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciente (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Compartir bajo la Misma Licencia** — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

Firma del Jurado

---

Bogotá D.C Noviembre de 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por su apoyo constante e incondicional.

Al ingeniero Said Rodríguez por su constante apoyo y su excelente enseñanza en análisis estructural.

Al ingeniero Santiago Perilla por hacernos partícipes de esta nueva alternativa de trabajo de grado en el área de estructuras.

A la Universidad Católica por nuestra formación académica como ingenieros Civiles.

## 1 TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	17
2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
3 MARCO REFERENCIA	21
3.1 MARCO TEÓRICO	21
Método de la Resistencia.	24
Método de Análisis Dinámico elástico.	25
Calculo de Derivas.	25
3.2 MARCO CONCEPTUAL	26
3.2.1 Cemento	26
3.2.2 Agregados	26
3.2.3 Acero de refuerzo	26
3.2.4 Empalmes	26
3.2.5 Espaciamiento entre varillas:	27
3.2.6 Vigas y viguetas	27
3.2.7 Losas de concreto	27
3.2.8 Columnas	27
3.2.9 Estructura Irregular	27
3.2.10 Diseño por factores de carga y resistencia (LFRD)	27
3.2.11 AutoCad	28
4 OBJETIVOS	29
4.1 General	29
4.2 Específicos	29
5 METODOLOGÍA	30
6. INFORME PRÁCTICA EMPRESARIAL	32
7 CONCLUSIONES	34
8 BIBLIOGRAFÍA	35
9 ANEXOS	37
9.1 Archivos digitales.	37

9.1.1	Memoria de cálculo soporte al trabajo asignado	37
9.1.2	Articulo trabajo de grado	37
9.1.3	.Archivos digitales planos, modelamiento, hoja calculo.	37
9.1.4	Presentación power point práctica empresarial.	37
10	FIRMAS ESTUDIANTES Y ASESOR	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura1. Mapa de zonificación sísmica en Colombia.....	17
Figura 2. Procedimiento para obtener los movimientos sísmicos de diseño.....	18
Figura 3. Metodología Proyecto.....	26



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Mayo razón de Cargas.....	19
Tabla 2. Combinaciones básicas de Carga.....	20
Tabla 3 Derivas máximas como porcentaje de hpi .....	20
Tabla 4. Metodología Proyecto.....	25

## INTRODUCCIÓN

El estudio y análisis del diseño estructural de una edificación se ha convertido con el tiempo en un factor de importancia a la hora de planificar un proyecto de obra civil, esto debido a los antecedentes sísmicos ocurridos antes de la implementación del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, concienciando al Ingeniero Civil a diseñar estructuras sustentables que garanticen la integridad y la vida humana ante la eventualidad de un sismo.

La planeación del Metro de Bogotá se ha catalogado como el proyecto de infraestructura más importante de Colombia (LA REPÚBLICA 2017). El mega proyecto mejorará los tiempos de recorridos entre lugares y traerá un gran impacto urbanístico en la ciudad de Bogotá.

El impacto generado por el mega proyecto exigirá el desarrollo de la modernización urbanística del sector dando paso a la planeación de proyectos arquitectónicos que buscan embellecer los espacios habitables y/o comerciales que se encuentran en torno al proyecto. Debido a lo anterior, existen diseños arquitectónicos propuestos como lo es el Edificio Centro Cultural nuevo Milenio, el cual proyecta estar ubicado en la estación de la calle 45 de la fase dos del Metro de Bogotá propuesto por el programa de Arquitectura de la Universidad Católica de Colombia.

Se pretende llevar a cabo el análisis y el diseño estructural de dicha edificación, por medio de la práctica empresarial con la universidad Católica de Colombia junto con el área de estructuras con el fin de sustentar que los diseños arquitectónicos planteados son factibles y permisibles basados con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR10), de no ser así proceder con las modificaciones de elementos estructurales pertinentes que permitan la confiabilidad y seguridad del uso de la edificación. Adicional se hace necesario llevar a cabo la interacción entre los programas de Ingeniería civil y arquitectura para lograr la gestión integral de la ejecución del diseño y obtener el desarrollo sostenible de la edificación propuesta (Escobar 2010).

## 1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El crecimiento exponencial de la población de la ciudad de Bogotá está enmarcado por las oportunidades y/o recurso disponibles que la ciudad ofrece. El aumento de la densidad poblacional provocó que los recursos de viviendas, servicios públicos, empleos y movilidad se vieran limitados al no satisfacer dicho incremento. La movilidad es uno de los factores más cuestionados hoy en día.

Los primeros medios de transporte público en la ciudad de Bogotá se remontan a la necesidad de comunicar el centro de la ciudad y el caserío de chapinero. Entre los años 1846 al 1882 el transporte masivo se caracterizaba por ser carros y carruajes de tracción animal. En 1876 se da a conocer el primer plan organizacional de movilidad para los usuarios de dicho transporte(Carolina Crosby 2016).

Debido a la necesidad de modernización de la ciudad se implementa el sistema de transporte conocido como Tranvía; sistema utilizado desde 1882 hasta 1951.Durante este lapso de tiempo surge la necesidad de cubrir áreas de expansión generadas por el aumento poblacional, donde el tranvía ya no llegaba debido a su déficit de rieles; debido a esto en los años 30 se implementó el sistema de buses y trolebuses administrados por inversionistas privados,(Carolina Crosby 2016)

En 1942 el alcalde Carlos Saenz De Santamaria propuso por primera vez la realización de estudios para la construcción del metro de Bogotá a partir de este año se presentan los siguientes antecedentes para la realización de dicho proyecto:

- Década 1950- 1960:
  - 1950: El General Gustavo Rojas Pinilla inicia proceso de contratación para los estudios del metro de Bogotá. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
  - 1953: Se adopta un plan de mejoramiento de tráfico implementando el metro por toda la Avenida Caracas contemplando las intervenciones urbanísticas generadas por dicho plan. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
  - 1954: El alcalde Roberto Salazar Gómez, solicita un préstamo para realizar el estudio técnico de dicho proyecto sin éxito alguno. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
  - 1957: Se contrata una firma Japonesa para la construcción del metro. Iniciativa descartada por los gobiernos del frente nacional. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- Década 1960-1970:

- 1963: Jorge Eliecer Gaitán propone la construcción del metro y tren para atender las necesidades de la población.
  - 1967-68: El alcalde Virgilio Barco presenta el estudio de factibilidad económico y técnico del metro.(ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- Década 1970 – 1980
  - 1972-76: Proponer la idea de utilizar la línea férrea como línea del metro. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- Década 1980-1990
  - 1981-1982: Estudios de estimación costos para cinco diferentes alternativas de trazados de la ruta del metro. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
  - 1987: Contratada la empresa italiana Intermetro SPA para la construcción del metro. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- Década 1990-2000:
  - 1991: Priorización construcción troncal caracas con la primera fase del metro, idea rechazada por los sectores políticos del país. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
  - 1991-2000: Las implementaciones nuevos diseños de las líneas del metro en las diversas alcaldías, llegando a la idealización y concepción de sistemas de transportes integrados. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- Década 2000-2010:
  - 2000-2010: Estudios técnicos y de construcción de la fases 1, 2 y 3 del metro de Bogotá, interconectándolos con el sistema de transporte actual conocido como transmilenio. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- Década 2010- actualidad:
  - 2010: Se aprueban los recursos para la construcción el metro, (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)

- 2013: Validación de los estudios ya existentes para la realización del metro de Bogotá. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- 2014: Presentación de los estudios finales de la construcción Del metro Bogotá. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)
- 2016: Presentación de los diseños de la primera línea del metro de Bogotá., así mismo se presentó el trazado de la misma y la construcción. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ 2016)

El impacto generado por la concepción del metro de Bogotá obliga a la modernización de su entorno urbanístico, dando origen a proyectos arquitectónicos que buscan unificar las líneas del metro de Bogotá con los espacios habitables y/o comerciales que se encuentran en torno a ellas.

En la actualidad la localidad de Teusaquillo tiene un área de 1419 hectáreas, delimitada al norte por la avenida calle 63 al sur, por la diagonal 22, av. El dorado y avenida las Américas al oriente por la avenida caracas y al occidente por la avenida 68, su composición territorial se caracteriza por ser multivariada ya que tiene zonas universitarias, zonas de esparcimiento (parques metropolitanos), y zonas residenciales. El actual sistema integrado de movilidad en esta zona se localiza entre las estaciones de la calle 45 y calle 63 de trasmilenio(A Castillo 1986).

La facultad de diseño e ingeniería de la Universidad Católica De Colombia por medio de los programas de Arquitectura e Ingeniería civil busca desarrollar proyectos interdisciplinarios donde se establezca el intercambio de conocimientos y conceptos logrando desarrollar proyectos de gran impacto en la sociedad abordándolos de manera integral en su planificación y solución., logrando que la arquitectura y la ingeniería civil puedan ser transformadas y se vuelvan dependientes una de la otra.

## 2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El impacto urbanístico que genera la implementación del Metro de Bogotá, es uno de los principales focos de atención, ya que se pretende no solo mejorar los aspectos de movilidad si no los aspectos urbanísticos que rodean este proyecto.

Los proyectos arquitectónicos asociados con la implementación de la fase 2 del metro de Bogotá de la calle 45, buscan garantizar la armonía entre los sistemas integrados de transporte y el entorno urbano de la calle 45.

Dicho proyecto cuenta con diseños urbanísticos, diseños de edificaciones de diversos usos, diseños de estructuras que conectan las edificaciones con la estación del Metro. Se pretende abordar y desarrollar durante la ejecución del proyecto la propuesta arquitectónica presentada por el estudiante Sebastián Ceballos del programa de arquitectura de la Universidad Católica de Colombia, enfatizando en el análisis y diseño estructural de la edificación propuesta centro cultural nuevo milenio que presenta las siguientes características:

- Sistema estructural: Diseño de pórticos en concreto reforzado, este sistema debe garantizar la estabilidad estructural en la eventualidad de presentarse un sismo. Se debe analizar la zona de amenaza sísmica para determinar con exactitud los cálculos pertinentes para el diseño antes mencionado.
- Placa nervada en dos direcciones.
- Uso: Centro Educativo.
- Plantas: Consta de 8 plantas incluyendo cubierta con una altura libre de 3 metros.
- Área destinada para la proyección de la edificación: 1552 m<sup>2</sup>.
- Área correspondiente a las ocho plantas para diseño: 9627m<sup>2</sup>.

### 3 MARCO REFERENCIA

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

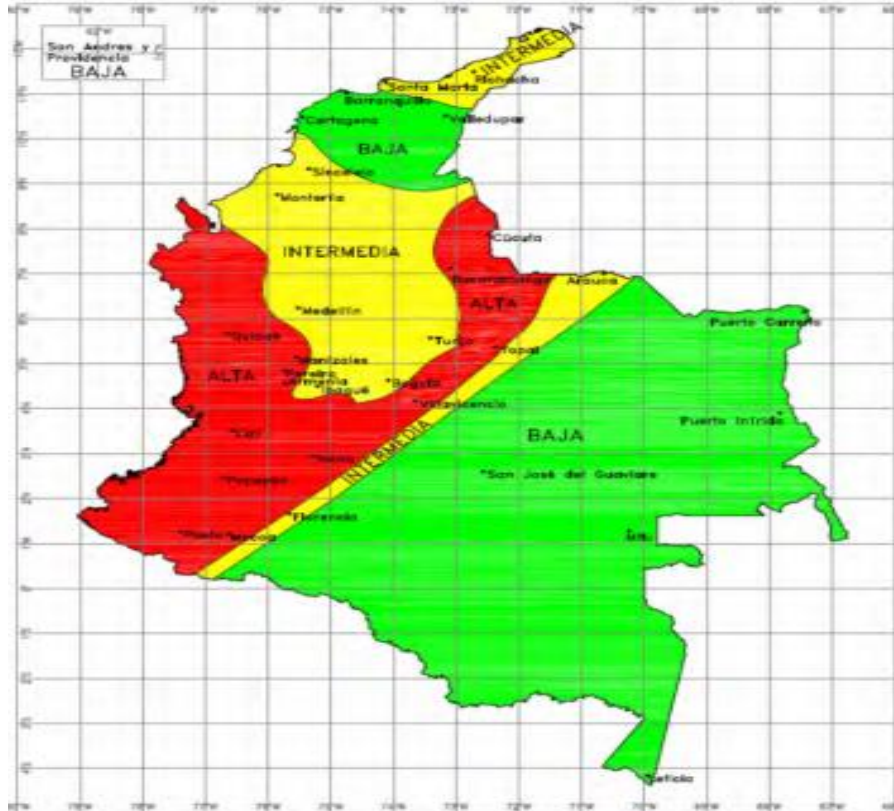
Con el fin de llevar a cabo el análisis y el diseño de la estructura propuesta , se debe hacer el estudio de la microzonificación Sísmica de la zona, esto con el fin de determinar la amenaza sismológica del sector donde está ubicado el proyecto y así tener más claridad de la rigidez y resistencia de las sollicitaciones sísmicas a las que sea sometida la estructura.(GARCÍA REYES 1999) .

Desde el año de 1993 en Bogotá se adelantaron estudios de microzonificación sísmica, en el convenio establecido se encuentran las siguientes entidades: Unidad para la Prevención y Atención de Emergencias, UPES, (actual Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, DPAE), el Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS y la Universidad de los Andes, UNIANDES (FOPAE 2010).

Mediante el decreto 074 del 2001 y el decreto 193 del 2006 se dictamina la zonas con comportamiento sísmico similar y se especifican los requisitos de diseño sismo resistente que aporta confiabilidad uniforme a cualquier tipo de edificación(FOPAE 2010).Sin embargo en el transcurso de tiempo se el conocimiento ha avanzado de manera considerable con la aplicación de metodologías para cálculo de amenaza sísmica y elegir el señales de sistema compatibles con los posibles escenarios sísmicos y la nueva información geotécnica de estudios facultados por el decreto193 de 2006 y del estudio de proyectos importantes como el Metro de Bogotá.(FOPAE 2010)

Con el fin de actualizar el Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente (NSR10), el comité AIS-300 llevo a cabo el estudio general de amenaza sísmica de Colombia 2009 de igual manera INGEOMINAS y La Universidad Nacional dio inicio al estudio general de amenaza sísmica de Colombia , el resultado de los dos estudios se adopta en la NSR10 el mapa de Zonificación Sísmica de Colombia:

Figura 1. Mapa de Zonificación Sísmica en Colombia



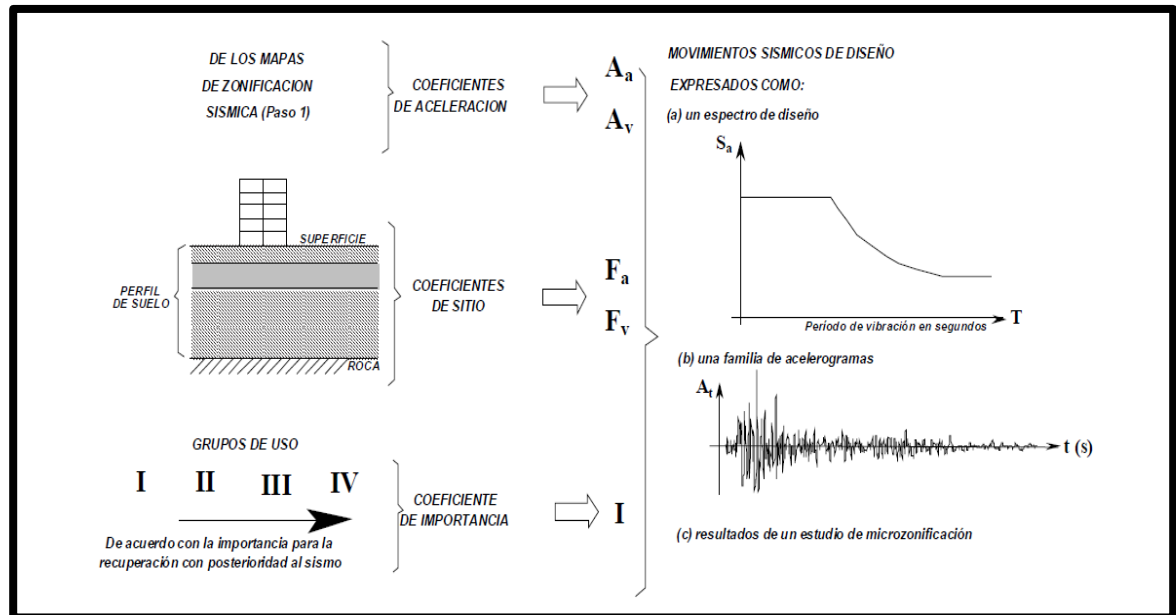
(FOPAE 2010)

Para expresar la amenaza sísmica en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, se lleva a cabo la estimación de los parámetros  $A_a$  y  $A_v$  relacionados con el sismo de diseño,  $A_e$  sismo de seguridad limitada y  $A_d$  Umbral de daño.



El análisis de los movimientos sísmicos de diseño se basa en el procedimiento establecido por la NSR-10 Prefacio – Apéndice 1, en donde se debe determinar los coeficientes del sitio y de importancia según cada grupo de uso I II III IV.

Figura 2. Procedimiento para obtener los movimientos sísmicos de diseño



Fuente (NSR10, 2010)

El título B de la NSR-10 se especifica los tipos de carga que se deben evaluar en el diseño de una edificación en función de su temporalidad, quiere decir, que varían en mínimas cantidades con el tiempo, (Rivas 2017). Las cargas establecidas por la NSR-10 son:

D = carga muerta.

- E = fuerza sísmica reducida de diseño.
- Ed = fuerza sísmica del umbral de daño.
- F = carga de fluidos.
- Fa = carga por inundaciones.
- Fs = fuerza sísmica sin reducir.
- G = carga de granizo.
- L = carga viva.

- $L_e$  = carga de empozamiento de agua

Las combinaciones de carga solo se permiten aplicación en los materiales existente en la NSR-10 y se determinan dos métodos de diseño:

*Método de la Resistencia.*

Se utilizan factores de mayoración aplicadas a las cargas, las cuales muestran la probabilidad de falla estructural por tanto se debe estudiar cada estado limite. Una estructura no solo debe tener análisis por movimientos sísmicos, sino también, deben considerarse otro tipo de solicitaciones que den paso a que la estructura tenga comportamientos diferentes a los generados a un sismo. La capacidad de trabajo a la que una estructura puede ser sometida esta parametrizada bajo combinaciones de carga que brindan características especiales y determinan su capacidad de resistir dicha fuerza desde su punto de aplicación hasta la transferencia de carga al subsuelo que soporta la estructura.(Rivas 2017).

Tabla 1. Mayoración de Cargas

CARGAS	TITULO N.S.R 10
$1.4D$	(B.2.4-1)
$1.2D+1.6L+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-2)
$1.2D+1.6(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(1.0L \text{ ó } 0.5W)$	(B.2.4-3)
$1.2D+1.0W+1.0L+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-4)
$1.2D+1.0E+1.0L$	(B.2.4-5)
$0.9D+1.0W$	(B.2.4-6)
$0.9D+1.0E$	(B.2.4-7)

Fuente (NSR10 2010)

El segundo, es el diseño por el método de los esfuerzos de trabajo en el cual, las cargas aplicadas no se mayoran y deben ser menores que la resistencia del material afectado por un factor de seguridad. Las combinaciones básicas especificadas en el Reglamento son:

Tabla 2. Combinaciones de Carga

CARGAS	TITULO N.S.R 10
$D + F$	(B.2.3-1)
$D + H + F + L + T$	(B.2.3-2)
$D + H + F + (L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-3)
$D + H + F + 0.75(L + T) + 0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-4)
$D + H + F + W$	(B.2.3-5)
$D + H + F + 0.7E$	(B.2.3-6)
$D + H + F + 0.75W + 0.75L + 0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-7)
$D + H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-8)
$0.6D + W + H$	(B.2.3-9)
$0.6D + 0.7E + H$	(B.2.3-10)

Fuente (NSR10 2010)

#### *Método de Análisis Dinámico elástico.*

Se debe utilizar este métodos para las edificaciones que no cumplan con parámetros mencionado en el numeral...A.3.4.2.1 de la NRS10... y que presenta algún tipo de irregularidad establecidas en el capítulo...A.3.2.4.3 NSR10...

#### Calculo de Derivas.

El Capítulo A.6.1.3 del NSR-10 neutraliza la necesidad de controlar la deriva, dado que especifica que el control está asociado a los siguientes efectos durante un temblor”:

- Deformación inelástica de los elementos estructurales y no estructurales(NSR10 2010).
- Estabilidad global de la estructura. (NSR10 2010)
- Daño a los elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica y a los elementos no estructurales, tales como muros divisorios, particiones, enchapes, acabados, instalaciones eléctricas y mecánicas. (NSR10 2010).

Tabla 3 derivas máximas como porcentaje de h<sub>pi</sub>

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.1.3	1.0% $\left( \Delta_{\max}^i \leq 0.010 \ h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.1.4	0.5% $\left( \Delta_{\max}^i \leq 0.005 \ h_{pi} \right)$

Fuente (NSR10, 2010)

## 3.2 MARCO CONCEPTUAL

### 3.2.1 Cemento

Material conglomerado compuesto por mezclas de caliza, arcillas y minerales de hierro. La combinación de estos materiales crea una reacción químico-física al contacto con el agua endureciéndose bajo ella. (Eric Opoku 2013)

### 3.2.2 Agregados

Compuesto por materiales finos, gravas, roca triturada entre otros el cual brinda la adhesión entre la mezcla de cemento y dichos agregados ocupando las tres cuartas partes del volumen del concreto deseado.(Brown 1998)

### 3.2.3 Acero de refuerzo

Elementos colocados en una estructura para suplir el déficit que presenta en el concreto ante las fuerzas de tensión presentes en un elemento estructural. (Joseph J & Dobrowolski, 1996a)

### 3.2.4 Empalmes

Concepto utilizado para especificar las dimensiones necesarias para dar continuidad al acero de refuerzo presentes en un elemento estructural. (Joseph J & Dobrowolski, 1996b)

#### 3.2.5 Espaciamiento entre varillas:

Delimitación máxima o mínima en el cual se debe encontrar los aceros de refuerzo en el concreto. (Joseph J & Dobrowolski, 1996b)

#### 3.2.6 Vigas y viguetas

Elementos horizontales estructurales caracterizados por su resistencia a la rotura y trabajo a tracción además no transportan carga axial y por lo general son perpendiculares a su eje longitudinal . (Rivas 2017)

#### 3.2.7 Losas de concreto

Elemento estructural que tiene la funcionalidad de separar ´piso y a su vez disipar las cargas de uso y servicio para las cuales se construyó la edificación. Soportadas por las vigas o pilares.(McMillan 2008)

#### 3.2.8 Columnas

Elemento estructural capaz de soportar grandes cargas axiales, su configuración es vertical que poseen armaduras longitudinales y estribos laterales.(Winter & Nilson, 1986)

#### 3.2.9 Estructura Irregular

Se considera estructura irregular como aquel elemento que no presenta simetría en su diseño, de igual manera presenta irregularidades en los centros de masa y rigidez respecto a la configuración geométrica planteada.(Elizabeth & Ramirez, 2013).

#### 3.2.10 Diseño por factores de carga y resistencia (LFRD)

Método de diseño en el cuál se busca que las cargas inducidas a la estructura no exceda las cargas ultimas de los elementos estructurales diseñados.(Piralla, 200AD)

### 3.2.11 AutoCad

Software de diseño asistido para dibujo en 2D y 3D, esta herramienta hace la actividad del ingeniero civil más fácil en cuanto a diseños , presupuestos y cantidades.(Mahazir I., Norazah, Ridzwan, & Azwin Arif, 2013).

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 General

Realizar la práctica empresarial no remunerada enfocada en el análisis y diseño estructural del edificio centro cultural nuevo milenio asociado con el proyecto arquitectónico del metro de Bogotá fase 2 estación calle 45 conforme al Reglamentó Colombiano de Construcción Sismo Resistente vigente.

### 4.2 Específicos

- Predimensionar, evaluar y analizar la estructura de la edificación con mayor complejidad de la fase dos del metro de Bogotá de la estación calle 45, propuesto por el estudiante Sebastián Ceballos del programa de Arquitectura de la Universidad Católica De Colombia.
- Diseñar los elementos estructurales y no estructurales sometidos a cargas sísmicas y eólicas de la edificación propuesta.
- Elaboración de memorias de cálculo, especificaciones de materiales y generación de planos de Ingeniería estructural de la edificación diseñada.
- Demostrar la suficiencia técnica mínima en el área de ingeniería estructural por medio de la elaboración del documento de trabajo de grado, el cual incluye la justificación del análisis y diseño de la estructura planteada.

## 5 METODOLOGÍA

La metodología a aplicar en el trabajo interdisciplinario de grado se establece como procesos experimentales:

Se inicia con la asignación del proyecto por parte de la coordinación de Estructuras, teniendo como fundamento los diseños arquitectónicos de los estudiantes del programa de arquitectura.

Profundización y posterior análisis de cada uno de los diseños arquitectónicos con los que se cuenta.

El programa de Ingeniería civil busca realizar la investigación y propuestas de cambio de materiales, productos, procesos constructivos, recomendaciones constructivas y mejoramiento de los sistemas estructurales en la concepción de edificaciones civiles.

Se sintetiza la metodología propuesta de la siguiente manera

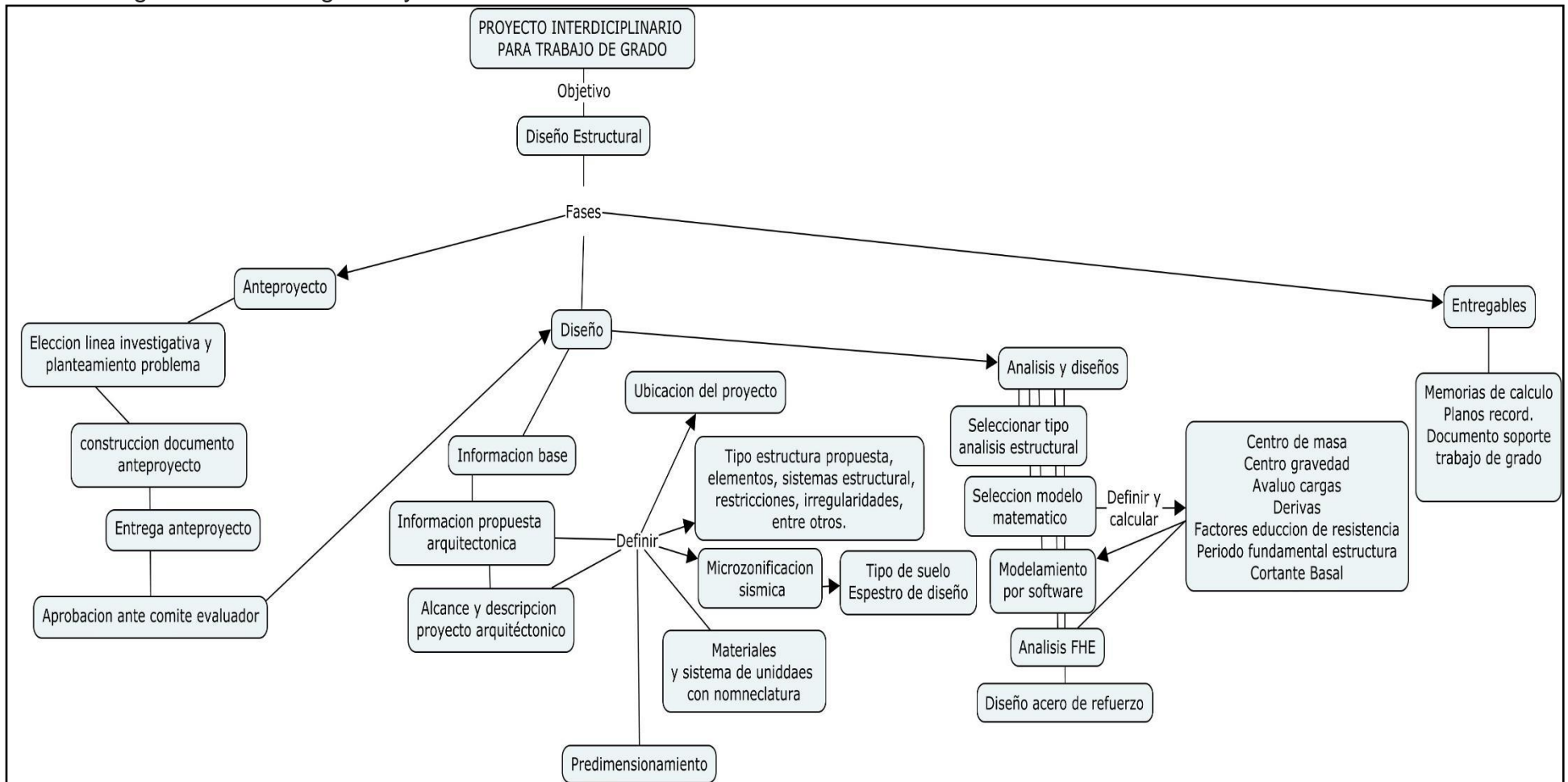
Tabla 4 Metodología proyecto

ALCANCE	PASOS A REALIZAR
ALCANCE 1: Elaboración anteproyecto y características básicas de la estructura a diseñar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Asignación de proyecto arquitectónico</li><li>• Construcción de anteproyecto de grado con los parámetros solicitados por la facultad, aclarando las características generales, ubicación, y demás información primaria de la estructura a diseñar</li><li>• Entrega de anteproyecto al comité evaluador</li></ul>
ALCANCE 2: Análisis y diseño estructural soportado con memoria de cálculo y planos estructurales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño de espectro sísmico</li><li>• Dimensionamiento estructural.</li><li>• Avalúos de cargas</li><li>• Modelación estructural (derivadas, deflexiones)</li><li>• Memoria de análisis</li><li>• Diseño estructural ( esqueleto estructura, cimentación)</li><li>• Memorias de Diseño</li><li>• Avances planos estructurales</li></ul>
Alcance 3: Entregables	<ul style="list-style-type: none"><li>• Entrega de planos estructurales, memorias de calculo</li><li>• Documento soporte trabajo de grado</li><li>• Divulgación y justificación proyecto de grado</li></ul>

Fuente: Propia



Figura 3 Metodología Proyecto



Fuente: Propia

## 6. INFORME PRÁCTICA EMPRESARIAL

La Universidad Católica de Colombia fundamentada en el principio de la persona y enfocada en la dignificación humana por medio del desarrollo social, generado por los programas académicos que brinda, otorga al estudiante una nueva alternativa de trabajo de grado la cual consiste que el estudiante del programa de ingeniería civil desarrolle una modalidad de práctica empresarial en el área de estructuras.

### 6.1 Cargo y Funciones Asignadas

De acuerdo a la metodología anteriormente expuesta se determina las actividades realizadas durante la práctica empresarial correspondiente a 770 horas iniciando el 30 de Julio y finalizando el 17 de Noviembre de 2018.

Practicantes Universitarios en el Departamento de Ingeniería Civil, Área de Estructuras, en donde se desarrollaron las siguientes funciones:

Evaluación primaria de la Arquitectura propuesta por el programa de Arquitectura y planteamiento de posibles modificaciones estructurales.

En la primera semana se realizó un reconocimiento estructural del edificio, iniciando con el aprendizaje de la lectura de planos arquitectónicos complejos, así mismo poder otorgar un diagnóstico de la estructura para proceder con el planteamiento de modificaciones de sostenibilidad estructural.

Se determinaron las condiciones iniciales de diseño (materiales, pre-dimensionamiento de elementos estructurales y no estructurales), se realizan los respectivos análisis sismo resistentes propios de la zona para determinar las condiciones adecuadas para el diseño de la estructura, basados en los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera especialmente en el área de estructuras, se evidencio que no se tuvo complejidad en el desarrollo de la caracterización estructural.

A partir de la 4 semana por medio del programa Excel se realizaron hojas de cálculo del análisis y diseño estructural propuesto por la NSR-10 , esto se llevó a cabo con el seguimiento del asesor asignado por la facultad, quien suministraba los parámetros básicos de diseño haciendo revisión semanal de cada cálculo realizado, desde el pre dimensionamiento de elementos estructurales y no estructurales como el avalúo de cargas, fuerzas sísmicas y derivas.

Teniendo el análisis y cálculos necesarios determinados en Excel como el espectro de diseño se procede a adquirir conocimientos en el aplicativo ETABS y así poder comprobar el análisis y diseño anteriormente realizado, esto se llevó a cabo a partir de la 8 semana de la práctica.

Entre la semana 10 y 11 se plantea la modelación de la estructura con los datos obtenidos en los cálculos ya hechos, cabe resaltar que haber tenido esta práctica con el programa ETABS fue enriquecedor debido a que ya se es capaz de hacer el modelamiento de cualquier complejidad estructural.

Haber desarrollado el diseño tanto en Excel como ETABS trajo consigo un conocimiento enriquecedor debido a que se podía observar un margen de error en los cálculos, sin embargo, se verificaron derivas cumpliendo en los dos programas utilizados.

Finalizando la práctica y con pocos conocimientos adquiridos en la parte de cubierta y basados en textos auxiliares se plantea una cercha metálica a dos aguas con una luz libre de 12m perfil estructural 100X4 mm, de espesor 3,2 mm para la cercha principal la cual no hace parte de los elementos sísmicos de la estructura ya que su naturaleza, diseño y avalúo se rigen con análisis de cargas donde es gobernada las fuerzas impuestas por los vientos.

La cimentación se plantea como una placa soportada por pilotes debido a la poca información del proyecto y de la capacidad portante del suelo en la zona a intervenir.

Se profundizó en el manejo del Autocad, siendo capaces de hacer un dibujo estructural adecuado y entendible, además, se logró obtener un informe completo arrojado por el programa ETABS, anteriormente no se tenía el conocimiento de que se podía obtener un informe tan detallado y completo como el evidenciado en los anexos.

El uso de herramientas computacionales permite al estudiante y profesional llevar a cabo el diseño de un proyecto en un tiempo menor.

El uso de software permite adelantar procesos que manualmente se vuelven dispendiosos, no obstante se es indispensable tener conocimiento de la causa de los resultados, que aunque el modelamiento computacional arroje la información general es de vital importancia saber que significa dichos resultados, convirtiendo al practicante en una persona íntegra que puede aportar conocimiento a la sociedad con dominio del mismo.

Finalmente entre la semana 13 y 15 se realiza el informe de la práctica empresarial, basándose en las actividades establecidas en el cronograma, alcance, porcentaje ejecutado, con el debido seguimiento del asesor.

## 7 CONCLUSIONES

El presente informe corresponde a los resultados obtenidos durante el desarrollo de la práctica empresarial, en donde se aplicó el procedimiento propuesto por la NSR 10 para el diseño estructural de la edificación expuesta a continuación.

Durante la realización del proyecto práctica empresarial se fortalecieron los conocimientos necesarios para poder enfrentar el diseño de una como profesionales en Ingeniería Civil.

Esta práctica pone al estudiante en un contexto realista sobre los diferentes retos, que el profesional adquiere al momento de recibir un proyecto sin lineamiento alguno. La ingeniería civil como garante y protectora de velar por la seguridad del individuo, busca desarrollar el óptimo desarrollo de los proyectos arquitectónicos que pueden generar un cambio sustancial en la sociedad, garantizando el correcto funcionamiento de la estructura frente a las constantes inclemencias del medio ambiente.

El estudio y verificación de la normatividad vigente para el diseño de edificaciones se vuelve riguroso debido a que las condiciones varían según la localización del proyecto, sus características especiales para construcción y ejecución, lo anterior concluye que el diseño estructural tiene un alto grado de confiabilidad siempre y cuando se sigan y se cumplan los lineamiento establecidos por esta norma.

En la ejecución de esta práctica empresarial se pudo dictaminar que:

- Los tiempos para la realización de un proyecto deben ser rigurosamente ejecutados.
- La modelación por computación ayuda de manera significativa para el desarrollo de un proyecto, pero no solo se debe basar en los resultados modelados, siempre se hace necesario verificar matemáticamente dichos resultados.
- Se adquirió conocimientos más puntuales sobre el manejo adecuado de la normatividad.
- Se generó un mayor conocimiento en el manejo de programas computacionales para diseño de estructuras.
- Conocimiento de los estudios que anteceden un diseño estructural
- La adquisición de experiencia en un recinto de gran renombre con profesionales íntegros y grandes conocedores del tema

## 8 BIBLIOGRAFÍA

A CASTILLO, 1986. Dinamica De La Construcción Por Usos Localidad Teusaquillo. *Physical Review* [en línea], vol. 33, no. 1, pp. 239-244. Disponible en: [https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/17\\_0.pdf](https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/17_0.pdf).

LCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2016. Metro de Bogotá. [en línea]. [Consulta: 31 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.metrodebogota.gov.co/>.

BROWN, B., 1998. Aggregates for concrete. *Concrete (London)*, vol. 32, no. 5, pp. 12-14. ISSN 00105317. DOI 10.4324/9780203478981.ch16.

CAROLINA CROSBY, L. castro y D.D., 2016. Historia del Transporte Público en Bogotá. [en línea]. [Consulta: 2 abril 2018]. Disponible en: <https://plazacapital.co/webs/produccion5/Transporte-publico-bogota/historia/Transporte.html#texto>.

ERIC OPOKU, A., 2013. Chemical Composition of Cement. *Advances in Materials Science*, vol. 2013, pp. 1-43.

ESCOBAR, Y.C., 2010. Interdisciplinariedad: Desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul* [en línea], vol. 31, no. 31, pp. 156-169. ISSN 1909-2474. DOI 1909-2474. Disponible en: [http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742010000200012&lng=es&nrm](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742010000200012&lng=es&nrm).

FOPAE, 2010. Zonificación De La Respuesta Sísmica De Bogotá Para El Diseño Sismo Resistente De Edificaciones. , pp. 152.

GARCÍA REYES, L.E., 1999. *DINAMICA ESTRUCTURAL APLICADA AL DISEÑO SÍSMICO*. 1. Bogotá: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

LA REPÚBLICA, 2017. El Gobierno declaró la importancia estratégica para el Metro de Bogotá. 25/09 [en línea]. [Consulta: 31 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/economia/el-gobierno-declaro-la-importancia-estrategica-para-el-metro-de-bogota-2552067>.

MCMILLAN, F.R., 2008. method of Designing Reinforced Concrete Slabs. Discussion by A.C.Janni. *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.*, vol. 80, pp. 1738.

NSR10, 2010. NSR-10. ,

RIVAS, C.D.M., 2017. *Evaluación teórica del coeficiente de disipación de energía en pórticos de concreto reforzado con capacidad de disipación moderada y especial según el Reglamento NSR-10*. S.l.: s.n.

AIS. (2014). SECCION 3: Cargas y Factores de Carga. *Norma Colombiana de Diseño de Puentes, CCP 14*.

CONSTRUDATA. (2013, July). ¿cómo se construye en colombia? - Construdata.com. 2013. Retrieved from [http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como\\_se\\_construye\\_en\\_colombia.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como_se_construye_en_colombia.asp)

Elizabeth, N., & Ramirez, L. (2013). Comparación Sismo Resistente Y Económica Entre Una Estructura Convencional Y Una No Convencional En Un Mismo Edificio Irregular, 199. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10554/11128>

FOPAE. (2010). Zonificación De La Respuesta Sísmica De Bogotá Para El Diseño Sismo Resistente De Edificaciones, 152.

Joseph J, W., & Dobrowolski, J. A. (1996a). *MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON CONCRETO TOMO I*. (S. . D. C. . McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) (3 Edición). MEXICO DF: 1997.

Joseph J, W., & Dobrowolski, J. A. (1996b). *MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON CONCRETO TOMO II* (3 Edición). Mexico DF: 1997.

Kostalova, J., Tetreova, L., & Svedik, J. (2015). Support of Project Management Methods by Project Management Information System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.333>

Mahazir I., I., Norazah, M. N., Ridzwan, C. R., & Azwin Arif, A. A. (2013). Relationship between the Acceptance of Mobile Learning for AutoCAD Course and Learning Style in Polytechnic. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102(lfee 2012), 177–187. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.731>

NSR10. (2012). NSR-10.

Piralla, R. M. (200AD). Diseño Estructural, 596.

PORTAFOLIO. (2017). Sector construcción crecerá en el 2018 | Economía | Portafolio. Retrieved March 27, 2018, from <http://www.portafolio.co/economia/sector-construccion-crecera-en-el-2018-511534>

SIDERURGICA DE MEDELLIN. (1998). *GUIA DE INGENIEROS CALCULISTAS, CONSTRUCTORES E INTERVENTORES DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO*. (SIMESA, Ed.) (16th ed.). 1998.

Winter, G., & Nilson, A. H. (1886). *Design of Concrete Structures*. (Mc Grow Hill book company, Ed.) (Edition 1). New York, USA: 1886.

## 9 ANEXOS

### 9.1 Archivos digitales.

9.1.1 Memoria de cálculo soporte al trabajo asignado

9.1.2 Artículo trabajo de grado

9.1.3 .Archivos digitales planos, modelamiento, hoja calculo.

9.1.4 Presentación power point práctica empresarial.

## 10 FIRMAS ESTUDIANTES Y ASESOR

DIANA MARCELA RAMÍREZ PÉREZ

CODIGO: 504384

JONATHAN ALEJANDRO DOBLADO URREGO

CODIGO: 504231

INGENIERO SAID STEWARD RODRÍGUEZ LOAIZA

DOCENTE ASESOR

FECHA PRESENTACIÓN PROYECTO GRADO: 20 DE NOVIEMBRE DE 2018